

Aus der I. Medizinischen Universitätsklinik in Frankfurt am Main
(Komm. Direktor: Prof. Dr. W. H. Hauß)

Über Schreibung von Korotkoff - Tönen bei Gesunden und Hochdruckkranken

Inaugural - Dissertation

zur Erlangung der Doktorwürde

in der gesamten Medizin

der Hohen Medizinischen Fakultät der

Johann Wolfgang Goethe - Universität in Frankfurt am Main

vorgelegt von

Hellmuth Decher

aus Frankfurt am Main

Januar 1951

Aus der I. Medizinischen Universitätsklinik in Frankfurt am Main
(Komm. Direktor: Prof. Dr. W. H. Hauß)

Über Schreibung von Korotkoff - Tönen bei Gesunden und Hochdruckkranken

Inaugural - Dissertation

zur Erlangung der Doktorwürde

in der gesamten Medizin

der Hohen Medizinischen Fakultät der

Johann Wolfgang Goethe - Universität in Frankfurt am Main

vorgelegt von

Hellmuth Decher

aus Frankfurt am Main

Januar 1951

Gedruckt mit Genehmigung der Medizinischen Fakultät der
Johann Wolfgang Goethe-Universität in Frankfurt am Main

Referent: Prof. Dr. W. H. Hauß

Dekan: Prof. Dr. Dr. O. Gans



Gedruckt bei Buchdruckerei und Verlag F. L. Wagener, Lemgo
1951

Meinen lieben Eltern
in Dankbarkeit gewidmet

Gliederung

I. A. Einleitung: Wesen und Entstehungstheorien der Korotkoff-Töne

B. Hauptteil: 1. Vorausgegangene Arbeiten anderer Autoren

2. Untersuchungstechnik

3. Untersuchungsergebnisse

a) Amplitudenwerte

b) Frequenzwerte

c) Impulsdauer

d) Korrelationen

4. Angewandte statistische Methoden

a) Mittelwerte

b) Häufigkeitspolygone

C. Schlußteil: Zusammenfassung der Ergebnisse

II. Tabellen

III. Schaubilder

Seit vielen Jahrzehnten wird von den Ärzten aller Länder vornehmlich die auskultatorische Blutdruckmessung nach KOROTKOFF neben der palpatorischen Methode RIVA-ROCCIS angewandt. Über das Für und Wider dieses einfachen und bequemen Meßverfahrens, das oft von namhaften Physiologen und Klinikern angegriffen wurde, soll hier nichts gesagt werden. Jedenfalls haben alle Angriffe den Weg der Korotkoff-Methode zur praktischen Alleinherrschaft in der Neuen und Vorherrschaft in der Alten Welt nicht verhindern können.

Es sei eine kurze Bemerkung zu dem Wesen der von dem russischen Arzt KOROTKOFF im Jahre 1905 zuerst beobachteten und als Kriterium für die Blutdruckmessung — vornehmlich der diastolischen — erkannten Töne erlaubt. Die akustischen Phänomene bei Auskultation der Cubitalarterie treten bei vorher hohem und nun nachlassendem Manschettendruck als zuerst „systolische leise Töne auf (Phase I), verstärken sich zu blasenden Geräuschen (Phase II), diese gehen in laute scharfe Töne über, die stärker und dann wieder schwächer werden (Phase III), endlich bei noch weiter fallendem Druck ziemlich plötzlich in leise dumpfe Töne übergehen (Phase IV), die schließlich auch verschwinden“ (v. RECKLINGHAUSEN). Die mittleren Phasen können mannigfach gestaltet sein; Töne und Geräusche überlagern sich oder fehlen in seltenen Fällen streckenweise ganz, was als „Zone des Schweigens“ bezeichnet wird. Nicht ganz zu Unrecht wurden die KOROTKOFF-Töne von einem so namhaften Autor wie v. RECKLINGHAUSEN als „launisch“ bezeichnet. So nimmt es nicht wunder, daß eine Reihe von Theorien ihr Zustandekommen zu erklären versucht. Es würde zu weit führen, hier sämtliche Theorien aufzuzeichnen. Die geläufigste und heute wohl am meisten zitierte dürfte die von KOROTKOFF selbst und später von vielen anderen vertretene Ansicht sein, die allein der kollabierenden und dekolla-

bierenden Gefäßwand und deren plötzlichen Anspannung das ursächliche Moment zuschreibt. Andere Theorien stellen die Bedeutung der von der Manschette umschlossenen Weichteile (MAC WILLIAM) und die Beteiligung der unterbrochenen Blutsäule und deren „Wasserhammerwirkung“ am distalen Teil (ERLANGER) in den Vordergrund. FABRE unterscheidet Ausstritzgeräusche, Schließungs- und Öffnungstöne. Er führt im wesentlichen den Zug am proximalen Ende der unterbrochenen Blutsäule als Geräuschwirkung an. Eine weitere Theorie beschäftigt sich mit den Wirbelbildungen innerhalb der Blutflüssigkeit und erklärt die akustischen Erscheinungen als Stenosegeräusche (GROEDEL). In neuerer Zeit vertritt AALSMEER die Ansicht, daß die Tonbildung hauptsächlich von der Geschwindigkeit des Spannungswechsels, die er Gradient nennt, abhängig sei. „Der Gradient ist die Resultante von mehreren Faktoren, so von der Größe des Loches, der Spannung der Gefäßwand, der Zusammensetzung des Blutes und der Kraft des Herzmuskels“ (AALSMEER). Derselbe Autor betont besonders die Wichtigkeit der Gefäßwand. Keine der vorgetragenen Meinungen konnte den Anspruch auf eine vollständige und einleuchtende Deutung der gesamten auskultatorischen Phänomene erheben. Doch scheint uns, nicht zuletzt auf Grund der — wenn auch schmalbasigen — Untersuchungsergebnisse, die später zu schildern sein werden, die Bedeutung der angespannten Gefäßwand recht wesentlich zu sein.

Fast ein halbes Jahrhundert lang haben Ärzte die Korotkoff-Töne (KT), die natürlich genau wie die Herztöne physikalisch exakt „Geräusche“ genannt werden müßten, täglich beim Blutdruckmessen auskultiert. Die Arterientöne verschiedener Menschen unterscheiden sich akustisch oft wesentlich voneinander. Bei vielen Hochdruckkranken fällt häufig die übersteigerte Härte und Lautheit der KT auf. So lag der Gedanke nicht allzu fern, solche Töne bei Gesunden und Hochdruckkranken zu schreiben, zumal uns in dem Herztonschreiber des Elektrokardiographen von Siemens-Reiniger ein so ausgezeichnetes Gerät zur Verfügung steht.

Schon im Jahre 1926 waren KT mit einem rein mechanischen System als Vorschwingungen zu Sphygmogrammen des Manschettenpulses registriert worden. Als erster veröffentlichte O. FRANK 1926 und gemeinsam mit WEZLER 1931 seine mittels eines Transmissionssphygmographen mit FRANKSchem starren Hebel gemachten Untersuchungen, die vor allem der Analyse der Pulskurven und der genauen Bestimmung des Blutdruckes dienten. GROEDEL schrieb 1932 KT zuerst mit einem damals gebräuchlichen Tonschreiber der Siemens & Halske A.G. Er publizierte seine Arbeit als Beitrag zur Theorie der KT (s.o.) und zur exakten Anwendung der auskultatorischen Blutdruckmessung. Erst im letzten Jahre wurden Arterientöne mit neueren Geräten graphisch registriert. Im März 1950 veröffentlichte K. HEINRICH seine Untersuchungen an 200 Gesunden und Herz- und Kreislaufranken. Er schrieb nach halbstündiger Ruhezeit der Patienten mit Kristallmikrophon und einem 3—4 stufigen C.-W.-Verstärker mit wahlweiser amplitudengetreuer oder gehörsähnlicher Abstimmung. Gleichzeitig nahm er Manschettendruck, Brachialis- und Radialispulskurven, Ekg in einer Ableitung, z. T. auch die Atmung auf. HEINRICH studierte die Einflüsse von Schlagvolumen, Blutströmungsgeschwindigkeit, Atmung, intrathorakalem Druck und Stauung auf Amplitude und Klang der KT. Grundsätzlich unterscheidet er eine „Tonphase“ mit einer Frequenz von 70 bis 200 Hertz und einem Tonsegment (Impulsdauer) von 0,02 bis 0,04 sek und eine in bestimmten Druckbereichen auftretende „Geräuschphase“ mit Frequenzen von 200 bis 600 Hertz und einem Geräuschsegment (Impulsdauer) von 0,05 bis 0,24 sek. Zahlen wurden nur bei Gesunden angegeben. Ein Mikrophonauflagedruck von über 500 g pro qcm verstärkte und verlängerte das Geräuschsegment. HEINRICH berührt nicht die Frage, ob auch das Tonsegment beeinflusst wird. Ein länger anhaltender konstanter Manschettendruck verkleinerte die Amplituden, während die längere periphere Stauung einen erheblichen Einfluß durch Abschwächung der Arterientöne, u. U. sogar unter die Hörbarkeitsgrenze, ausübte. Rhythmische Amplitudengrößenänderungen führt

der Autor auf TRAUBE-HERING-MAYERSche Blutdruckwellen und respiratorische Blutdruckschwankungen durch forcierte Atmung (bei Einatmung Abnahme, bei Ausatmung Verstärkung der Töne) zurück. HEINRICH faßt seine Untersuchungen an Herz- und Kreislaufkranken so zusammen: „Die Arterien-schallbilder unterscheiden sich nur bei verschiedenen Klap-penfehlern wesentlich von denen Gesunder.“ In Übereinstimmung mit unseren Ergebnissen konnte keine direkte Beziehung zwischen Blutdruckhöhe und Lautstärke (Amplituden) der Arterientöne gefunden werden. Kurz wird auch noch auf die Theorien eingegangen, die sich mit der Entstehung der Schall-erscheinungen beschäftigen. Nach Zitierung vieler Autoren und deren Meinungen bekennt sich HEINRICH zu der Ansicht, daß eine Strömungsgeschwindigkeit über 100 cm pro sek (nach BONDI), das Druckgefälle und die Anspannung der Gefäßwand bei der Schallentstehung maßgeblich beteiligt sind, den chemischen und physikalischen Eigenschaften der strömenden Masse und der begrenzenden Materie aber keine wesentliche Bedeutung zukommt. Unter den Faktoren, die die Lautheit der KT beeinflussen, nennt er Schlagvolumen und Blutströmungsgeschwindigkeit an erster Stelle, während Unterschiede in der Schwingungsfähigkeit der Gefäßwände „kaum eine wesentliche Rolle spielen dürften.“ Überhaupt betont HEINRICH besonders die Bedeutung des Schlagvolumens, das — auch nach J. FISCHER und A. WEBER — durch die Arterientonlautstärke eine wichtige orientierende Beurteilung erfahre.

Die hier angewandte Untersuchungstechnik wird durch die Herzscharregistriervorrichtung als Zusatzgerät zu dem von Siemens-Reiniger entwickelten „Triplex-Elektrokardiographen“ sehr vereinfacht. Man geht fast ebenso wie bei der Schreibung von Herztönen vor. Zuerst muß der Herzscharverstärker (im Rolltisch eingebaut) an den Elektrokardiographen angeschlossen, dann das Herzscharmikrophon in die dafür vorgesehene Anschlußbuchse auf der sogenannten Verstärkerplatte eingeführt, Verstärkung und gewünschtes Frequenzgebiet eingestellt und das Mikrophon selbst auf der Auskultationsstelle,

also in der Ellenbeuge, angelegt werden. Technische Einzelheiten sind ausführlich in den Gebrauchsanweisungen, die den betreffenden Geräten beigelegt sind, beschrieben. Hier finden nur uns speziell interessierende Fragen Erwähnung. Am zweckmäßigsten wählt man zur Befestigung des Mikrophons eines der Gummibänder, die zur Fixierung der Plattenelektroden dienen. Eine nicht zu feste, aber dennoch straffe, Anlegung des Gummibandes ist angebracht, da durch zusätzliche Abschnürung des Armes Störungen auftreten können, wie, bei anfänglichen Probeschreibungen festgestellt wurde. Dasselbe gilt für einen zu großen Auflagedruck des Mikrophons. Vorher wird die von v. RECKLINGHAUSEN angegebene Gummimanschette des Sphygmomanometers genau wie vor der Blutdruckmessung um den Oberarm gelegt. Der Arm des Untersuchten soll horizontal gelagert und waagerecht gestreckt, aber nicht überstreckt (bes. bei Frauen) werden. Es wird empfohlen, während eines konstanten Manschettendruckes zu schreiben. Angestellte Versuche ergaben selbst bei einem langsam abfallenden Druck derartige Nebengeräusche, daß eine exakte Beurteilung der geschriebenen Kurve vereitelt wird. Deshalb wurde, wie die betreffenden Spalten der Tabellen zeigen, ein dem systolischen und diastolischen Druck entsprechender Mittelwert gewählt, um eine relativ gleichmäßige Druckanwendung zu ermöglichen. Bei hohen Drucken wurde der Mittelwert leicht nach unten verschoben, weil sich erwies, daß ein Manschettendruck über 200 mm Hg, nicht selten auch schon tiefer, zu Verzerrungen Anlaß gibt. Ebenso wirkt eine längere Stauung mit der Manschette sehr störend auf die Tonkurve. Es kann „schnell“ oder „langsam“ („schnell“: Papierablaufgeschwindigkeit 100 mm/sek, „langsam“: 40 mm/sek) geschrieben werden. Auf die besonderen Indikationen der beiden Schreibarten wird später eingegangen werden. Es empfiehlt sich unbedingt, alles mit gleicher Verstärkung zu schreiben, was allerdings nicht immer exakt möglich ist, da auftretende Störungen in seltenen Fällen ein Variieren nötig machen. Für unsere Untersuchungen wurde ausschließlich das Frequenzgebiet eingestellt (Lage II des Triplex),

bei dem Frequenzen über ca. 500 Hertz unterdrückt werden. Diese Einstellung hat sich schon lange bei Herztonschreibungen bewährt und wird hierfür allgemein verwandt. Außerdem gelten alle Empfehlungen, wie sie für das Blutdruckmessen und die Herztonschreibung zur Vermeidung von Fehlerquellen aufgestellt wurden (z. B. nicht zu kurze, den Arm unvollständig umfassende Manschetten, etwa bei Adipositas; kein zu loses Anlegen der Manschette; kein länger anhaltender Manschetten-
druck; kurze Ruhezeit der Untersuchungsperson vor der Schreibung). Schließlich verdient noch Beachtung, daß der Film der geschriebenen Töne etwas länger, d. h. dunkler, entwickelt wird als beim Ekg üblich, damit eine genaue Beurteilung der Amplituden und — bei schnellgeschriebenen Film — auch der Frequenzen möglich ist. Die hier vorliegenden Untersuchungen wurden durchweg parallel zu einer Ekg-Schreibung in 3 Ableitungen vorgenommen. Nach dem Gesagten ist die Technik der Untersuchung einfach. Die Schreibungen sind allerdings sehr „sensibel“ gegenüber äußeren Einflüssen, z. B. kleinsten Bewegungen des Patienten. Trotz ihrer erwiesenen „Launen“ ist die Schreibung der KT bei Berücksichtigung des oben Aufgeführten nicht störungsempfindlicher als die Ekg- oder Herztonschreibung.

Wie sieht nun das Filmbild so geschriebener KT aus? Zur Repetition einiger physikalischer Begriffe und zur Veranschaulichung sei auf das beigefügte schematische und vergrößerte Bild des schnellgeschriebenen Tones eines jungen, kreislaufgesunden Menschen (Schaubild 12) und auf Schaubild 13 (KT eines Gesunden und eines Hochdruckkranken) verwiesen. Physikalisch gesehen könnte man mit Recht den Vergleich mit einer kurzdauernden, stark gedämpften Schwingung anstellen. Die Tonkurve scheint eine leicht modifizierte gedämpfte Schwingung zu sein und ähnelt insofern auch den bekannten Bildern geschriebener Herztöne. Zeitlich fallen die KT in den Bereich der T-Zacke des Ekg's (sie variieren vom aufsteigenden über den T-Gipfel bis zum absteigenden Schenkel, je nach der Pulswellengeschwindigkeit), also zwischen die beiden Herztöne, ziem-

lich kurz vor den 2. Ton. Im allgemeinen empfiehlt es sich — außer bei Vergleich mehrerer Amplitudenhöhen, der bald zu besprechen sein wird —, die Schnellschreibung vorzuziehen, da sich durch das Auseinanderziehen der Schwingungen die Beurteilung der uns interessierenden Kriterien günstiger gestaltet. Wir gliedern die einzelnen Untersuchungsergebnisse nach den drei Hauptkriterien jeder gedämpften Schwingung, nämlich Amplituden, Frequenzen und Impulsdauer.

Die Beurteilung der Amplituden erfolgte von der gedachten, für ganz genaue Ergebnisse möglichst einer ausgezogenen Null-Linie aus durch Messen in mm. Die Messung bei unserem Kurvenmaterial wurde in der Regel von der Null-Linie nach oben vorgenommen, weil die negativen Zacken großer Ausschläge bei den meisten Hochdrucken nach unten über den Filmrand hinausfallen und damit nicht voll zur Darstellung gelangen. Es liegt im Wesen der gedämpften Schwingung, daß die Amplituden eines Impulses, in unserem Falle Tones, wesentlich schwanken, indem sie laufend kleiner werden. Die Amplituden der KT steigen sehr plötzlich an und fallen langsam ab. Meist ist die zweite, seltener schon die erste Amplitude die größte. Wir haben jeweils die größten Ausschläge eines Tones gemessen, die bei allen Tönen desselben Untersuchten fast völlig gleich groß sind, jedenfalls bei gesunden Menschen. Kleinste Schwankungen im Bereiche eines mm wurden vernachlässigt. In wenigen Fällen, deren Meßwerte im normalen Bereich liegen, sind die zweiten, negativen Amplituden größer als die ersten, positiven. Wahrscheinlich handelt es sich bei diesem Phänomen um ein Zufallsresultat, das physikalisch durch negative Schwankungen des Untergrundes und die Interferenz von Grund- und Oberschwingungen erklärt werden kann. Nach unserem Grundsatz wurden hier die negativen, also größten, Amplituden gemessen. Wie die entsprechende Spalte in Tabelle I zeigt, bewegen sich die Werte der gemessenen Amplituden Gesunder, abgesehen von wenigen Extremen, zwischen 5 und 15 mm. Die mittels später zu besprechender statistischer Methoden errechneten Mittelwerte liegen ungefähr um 10 mm. Nach Tabelle II,

die 50 untersuchte Hochdruckkranke mit 41 Amplitudenwerten umfaßt, staffeln sich die Werte der Amplituden wesentlich höher, so daß Mittelwerte um 35—40 mm errechnet wurden. Das ist fast das Vierfache des normalen Durchschnittes! Da Amplituden physikalisch die Lautheit eines Tones bestimmen, würde die Erklärung naheliegen — zumal die Tonstärke der KT, besonders deren III. Phase, ein relatives Maß für das Schlagvolumen ist (J. FISCHER, A. WEBER) —, daß die Höhe des Blutdruckes mit den Amplitudengrößen in einer bestimmten einfachen Korrelation steht. Diese plausible Erklärung findet keine Bestätigung durch die tabellarisch aufgeführten Meßergebnisse. Es ist augenscheinlich, daß gewisse Hochdrucke (vor allem essentielle) durch auffallend niedrige Amplitudenwerte ausgezeichnet sind und daß die Amplituden keineswegs stets mit höherem Blutdruck größer werden, während z. B. Maligne Sklerosen mit niedrigeren Druckwerten oft sehr vergrößerte Amplituden aufweisen. Bei den geschriebenen KT von Hochdrucken zeigen sich nicht nur stark erhöhte Meßwerte. Die durchweg wechselnden, bei leichten Differenzen in den Tabellen mit D bezeichneten, vielfach aber ganz erheblichen Schwankungen der Amplitudenhöhen verschiedener Töne desselben Patienten fallen sehr ins Auge. Bei stärkeren Differenzen wurden in den Tabellen Maximal- und Minimalamplitude angegeben (z. B. 30—50), zur Berechnung der Mittelwerte das jeweilige Mittel verwandt. Zunächst lag der Gedanke nahe, daß diese Veränderungen analog den respiratorischen Blutdruckschwankungen von der Atmung abhängig seien. Verschiedene Versuche in dieser Richtung zeigten, daß eine normale Atmung keinerlei Einfluß auf die Differenzen der Amplitudenhöhen hat. Die Differenzen bleiben auch bei Atemstillstand. Schreibungen bei forcierter Atmung und nach Atempause (also im anoxaemischen Zustand) bei einigen Patienten mit auffallendem, rhythmisch sich wiederholendem Wechsel der Amplitudengrößen ließen keinen einwandfreien Anhalt für eine Verschiebung des Bildes erkennen. Damit dürfte auch die Erklärung, daß die Differenzen mit den bei anoxaemischen und dyspnoischen Zu-

ständen auftretenden TRAUBE-HERINGSchen Druckschwankungen im Zusammenhang stehen, unwahrscheinlich sein. Diese Erklärung würde doch so nahe liegen, da bei vielen dekompensierten Hochdrucken mit Dyspnoe fast alle Voraussetzungen gegeben erscheinen. Sicher hängen diese Differenzen mit Schwankungen im vegetativen System zusammen. Bei den letzten Untersuchungen über die Amplitudenschwankungen wurde aus wirtschaftlichen Gründen auf die papiersparende Langsamschreibung zurückgegriffen. Die Amplitudenhöhen können genau so gut beurteilt werden (oft sogar besser), und die zusammengedrückte Tonkurve gestattet einen viel besseren Überblick der Amplitudendifferenzen. Außer dieser Indikation zur Langsamschreibung ist sonst allgemein die Schnellschreibung vorzuziehen. Amplitudenschwankungen und vergrößerte Meßwerte stellen sichere Anzeichen für Anormalitäten des Tonbildes dar. Die Abhängigkeit der Amplitudenhöhen vom Manschettendruck — Größerwerden der Amplituden, d. h. Lauterwerden der Töne, bei sinkendem Druck (s. Tabelle I Nr. 3, Tabelle II Nr. 3 und 6) und plötzlicher Abfall kurz vor dem diastolischen Blutdruckwert — ist durch das anfangs beschriebene Verhalten der KT hinreichend erklärt. Das „Crescendo“ der Amplituden bei zunehmender Verstärkung (Tabelle I Nr. 24) ist selbstverständlich. Eine große Verstärkung erhöht die Tonamplituden Gesunder in dem Grade, der für Hypertensionen charakteristisch ist (Tabelle I Nr. 24, dritter Wert). Nach diesen Erfahrungen wurde im, zeitlich gesehen, zweiten Teil der Untersuchungen die Verstärkung berücksichtigt und möglichst mit einer gleichen, mittleren Verstärkung geschrieben (V_3 der Tabellen). Bei den übrigen Schreibungen wurde die Verstärkung aus den Eichzacken nachträglich beurteilt. Amplitudenwerte von Tonkurven, die mit einer fraglichen oder anderen Verstärkung als V_3 geschrieben wurden, haben wir ausgeschlossen. Die Abhängigkeit der Amplitudenhöhen von Manschettendruck und Verstärkung zeigt, wie leicht die Amplituden durch Einflüsse der Untersuchungstechnik verändert werden können. Anders verhält es sich dagegen mit Frequenzen und

Impulsdauer, die, wie die gleichen angeführten Beispiele be-
weisen, so gut wie gar nicht durch Manschettendruck und
Verstärkung beeinflusbar sind.

Das Messen der Frequenzen bereitet die meisten Schwierigkeiten, besonders bei schwach entwickelten, schnell geschriebenen Filmen. So darf hier noch einmal wiederholt werden, daß stark durchentwickelt wird. Das gilt nicht in dieser Schärfe für langsamgeschriebene Filme. Wie geht man nun bei der Frequenzmessung einer Tonkurve am zweckmäßigsten vor? Die auf jedem Film mitgeschriebene Zeitmarkierung erlaubt die Aufstellung der einfachen physikalischen Proportion: Anzahl der Schwingungen resp. Wellenlängen zu Zeiteinheit. Dieser Quotient ist die Frequenz. Der Triplex-Elektrokardiograph markiert die Zeit als gröbere Linien alle $\frac{1}{10}$ Sekunde und als feine Linien alle $\frac{1}{50}$ Sekunde. Die Anzahl der Schwingungen oder Wellenlängen zwischen zwei feinen Linien stellt nach dem Gesagten ein brauchbares Maß für die Frequenz dar. Einer Wellenlänge entspricht der Abstand von Wellenberg zu Wellenberg oder Wellental zu Wellental. Die Distanz zweier benachbarter Amplitudenspitzen, die im Tonbild viel besser zum Ausdruck kommen als das oft ganz unsichtbare Mittelstück, wurde zur Bestimmung der Wellenlängen verwertet. Würde z. B. gerade eine Wellenlänge, d. h. eine Schwingung, den Raum zwischen zwei feinen Linien füllen, würden im Idealfall also zwei benachbarte Amplitudenspitzen mit den Zeitmarkierungslinien kollidieren, so kämen auf $\frac{1}{50}$ Sekunde eine Schwingung, auf 1 Sekunde somit 50 Schwingungen = 50 Hertz. Des besseren Vergleiches wegen mit dem Untersuchungsmaterial wurde neben dem Frequenzwert in Hertz auch der Originalwert der Schwingungszahl pro 0,02 sek in den Tabellen I und II aufgenommen, bei der Berechnung der Mittelwerte allerdings auf die Urwerte verzichtet. Leider ist die Frequenzmessung nicht so exakt möglich wie das Messen der Amplituden. Während die Frequenzen bei verschiedenen Tönen untereinander gleich sind, ergeben sich nicht selten, vor allem bei Hochdrucken, merkliche Differenzen innerhalb desselben Tones. In diesen Fällen scheint

die Frequenz der Initialschwingung beträchtlich höher zu liegen, während die folgenden Schwingungen meist annähernd harmonisch sein dürften. Deshalb bietet das Messen der Frequenzen leicht Grund zu Fehlerquellen und darf keinen Anspruch auf so genaue Meßergebnisse wie die der Amplituden erheben. Trotz allem ergibt der Vergleich der Frequenzen Gesunder und Hochdruckkranker eine eindeutige Frequenzerhöhung der pathologischen Fälle. Wie aus den Tabellen zu ersehen ist, liegen die Mittelwerte bei Gesunden etwa um 75—80, bei Hochdruckkranken um 100 Hertz. Da die Frequenzen, wie erwähnt, kaum durch Verstärkung und Manschettendruck beeinflusbar sind, gewinnt ihre Messung an Bedeutung.

Durch Einfachheit der Messung und Exaktheit der Ergebnisse (bei Schnellschreibungen bis auf $2.5/1000$ sek genau!) scheint uns die Impulsdauer ganz besonders wichtig zu sein. Sie verdient deshalb und gleichermaßen wegen derselben Unbeeinflussbarkeit wie die Frequenzen unter den Kriterien der KT die stärkste Berücksichtigung. Die Impulsdauer, physikalisch definiert die Zeitdauer einer gedämpften Schwingung, ist beim schnellgeschriebenen Film besser zu beurteilen als beim langsamgeschriebenen. Die in den Tabellen getrennt aufgeführten Werte der Schnellschreibungen, die zahlenmäßig überwiegen, sind deshalb zuverlässiger als die übrigen Zahlen. Für das Messen der Impulsdauer dienen genau wie bei der Frequenzbestimmung die feinen Zeitmarkierungslinien als Maß. Würde die gedämpfte Schwingung eines KT gerade einen Zwischenraum füllen, so wäre die Impulsdauer 0,02 sek, ein Wert, der nach den Tabellen als extrem niedrig gelten würde. Der Beginn eines Impulses, also die erste Schwingung, ist bei technisch einwandfreier Schreibung klar markiert. Etwas anders verhält es sich mit den Schlußschwankungen. Sie klingen meist langsam aus, entsprechend einer gedämpften Schwingung, so daß das Ende einer Impulsdauer nicht so scharf abgesetzt ist. Da aber im allgemeinen die Endschwingungen plötzlich abfallen und dann nur noch den Charakter von schwachen „Wellen“ haben, die auch stets zwischen den Tönen — die Null-Linie befindet sich

nie ganz in Ruhe — zu sehen sind, können sie vernachlässigt werden. Als Markierung diente der plötzliche Abfall der letzten Schwingungen. Die zusammengetragenen Meßergebnisse Gesunder unterscheiden sich bedeutend von denen Hochdruckkranker. Die Impulsdauer der meisten pathologischen Fälle ist mit Werten zwischen 0,04 und 0,06 sek gegenüber den Daten in Tabelle I sehr viel größer. Die errechneten Mittelwerte (sie betragen bei normalem etwas über 0,03, bei hohem Blutdruck um 0,05 sek, siehe Tabellen) unterscheiden sich um fast 0,02 sek, eine Zahl, welche die Differenz der Frequenzmittel relativ weit übersteigt. Sehr bemerkenswert ist die Tatsache, daß essentielle Hypertonien einen fast normalen Durchschnitt ergeben, ähnlich, nur noch krasser, wie bei den Amplituden. Nach gesonderter Berechnung der übrigen Hochdruckformen übersteigt deren Mittelwert nun die Zahl 0,05 noch wesentlich, während das Mittel der 13 essentiellen Hypertonien 0,035 sek beträgt (s. Tabellen I und II, Mittelwerte). Neben den bereits erwähnten Vorzügen ist die Impulsdauer auch das zuverlässigste Kriterium eines Tonbildes. Ihre Vergrößerung bedeutet, genau wie bei der Impulsdauer von Herztönen, eine sichere Abweichung vom Normalen.

Bestehen nun zwischen diesen drei Kriterien der KT irgendwelche Korrelationen? Als „Korrelation“ oder „Zuordnung“ bezeichnen wir eine aus wirtschaftlichen, biologischen, wissenschaftlichen oder anderen Gründen bestehende Kopplung zwischen zwei, in unserem Falle sogar drei, Beobachtungsreihen bzw. Meßreihen. Ohne weiteres ist eine Korrelation von Werten in unseren Tabellen nicht zu erkennen, oft scheinen z. B. keinerlei Beziehungen zwischen anormalen Erhöhungen der einen und denen einer anderen Meßreihe zu bestehen. Dennoch sind Korrelationen vorhanden, und zwar vor allem bei den Meßwerten Gesunder. Nach grobem Überschlag dürfte bei etwa einem Drittel der Zahlen in Tabelle I eine Kopplung aller drei Kriterien bestehen, während eine Zuordnung von Werten zweier Reihen, welches Paar es auch sei, häufiger (etwa zu zwei Dritteln) vorzukommen scheint. Besser als viele Worte veranschau-

lichen die Schaubilder 10 und 11, in denen die Werte der Amplituden (y) als Funktion der Impulsdauer (x) zeichnerisch dargestellt sind, daß bei Gesunden (Schaubild 10) durch die dichtere Streuung der Punkte um die Idealkurve eine Korrelation von Meßwerten — hier der Amplituden und Impulsdauer — viel ausgeprägter ist als bei derselben Anzahl von 25 mit gleicher Verstärkung schnellgeschriebenen Hypertoniker. Auf den Diagrammen wurden die Maßstäbe der Koordinaten durch Zuordnung der betreffenden Mittelwerte gleichmäßig festgelegt. Der Maßstab im Bereich der höheren Meßwerte wurde durch diese Zuordnung kleiner. Deshalb ist die Streuung im Schaubild 11 (Hypertensionen) sogar noch absolut größer. Der Vergleich von zwei anderen Meßreihen (wie Frequenzen und Impulsdauer) Gesunder und Hochdruckkranker bringt ähnliche Ergebnisse.

Bisher wurde so oft von Mittelwerten gesprochen und auf den entsprechenden Teil der Tabellen verwiesen, wo weitere Begriffe auftreten wie „Gewogenes Mittel“, „3 σ -Regel“ und dgl. Wie verhält es sich damit? Zur Errechnung einwandfreier Mittelwerte wurden statistische Methoden angewandt. Eine grundsätzliche Bemerkung möchten wir vorausschicken. Nach dem Gesetz der großen Zahlen: „Je größer die Beobachtungszahl einer Stichprobe ist, desto wahrscheinlicher gleicht die gefundene Häufigkeit der unbekannten Grundwahrscheinlichkeit“, einem Elementarsatz der Statistik, sind die Basen für die hier durchgeführten Berechnungen sehr schmal. Bei breiter gebauten Fundamenten und größerem Untersuchungsmaterial liefern statistische Rechnungen entsprechend genauere und zuverlässigere Ergebnisse.

Die bekannte Berechnung des gewöhnlichen „Arithmetischen Mittels“ ist für Mittelwerte bei kleinerem Umfang der Untersuchungsergebnisse angezeigt. Nach der Formel

$$M_x = \frac{m_1 + m_2 + m_3 + \cdots + m_n}{n}$$

gestaltet sich die Rechnung.

Sie wurde bei uns verschiedentlich durchgeführt. Bei Mittelwerten aus Beobachtungen bzw. Meßwerten verschiedener Genauigkeit ist das Zugrundelegen des „Gewogenen Arithmetischen

Mittels“, das physikalisch gesehen den Schwerpunkt der Verteilung ermittelt, indiziert. Da bei uns durch die schnelle und langsame Schreibart Werte unterschiedlicher Genauigkeit auftreten, wurde das gewogene arithmetische Mittel bei Kombination beider Meßreihen, um größere Basen zu gewinnen, nach

der Formel $M_x = \frac{z_1 \cdot m_1 + z_2 \cdot m_2 + \dots + z_k \cdot m_k}{z_1 + z_2 + \dots + z_k}$ angewandt.

Jeder Wert (m_1, m_2 usw.) wird durch seine Häufigkeit, d. i. die Anzahl des Vorkommens (z_1, z_2 usw.), gewogen. Vereinigt man zwei oder mehrere Mittelwerte (M_1, M_2 usw.) zu einem Gesamtmittel, so ist die Zahl der jeweils zugehörigen Beobachtungswerte bzw. Meßwerte (n_1 usw.) als Gewicht zu nehmen, ein sehr zeitsparendes und bequemes Verfahren, das aus dem letzteren hervorgeht. An einem Beispiel aus Tabelle II (Frequenzen) sei es demonstriert:

$$\frac{M_1 \cdot n_1 + M_2 \cdot n_2}{n_1 + n_2} = \frac{104 \cdot 20 + 98,26 \cdot 30}{20 + 30} = 100,76 \text{ Hertz.}$$

Durch die Verwendung der 3σ -Regel wurden Zufallsergebnisse ausgeschlossen. σ , die „mittlere, quadratische“ oder „Standardabweichung“ (standard deviation der anglo-amerikanischen Literatur), berechnet sich nach der Formel:

$$\sigma = \sqrt{\frac{(m_1 - M)^2 + (m_2 - M)^2 + \dots + (m_k - M)^2}{n}}.$$

Hierbei stellen

$(m_1 - M), (m_2 - M)$ usw. die jeweiligen Einzelabweichungen der Zahlen vom errechneten Mittelwert (M) und n die Anzahl aller Fälle dar. Die Meßwerte, die den Bereich von $+ 3 \times \sigma$ oder $- 3 \times \sigma$ überschreiten, gelten als zufällig, da errechnet wurde, daß sie nur 0,27 % aller Werte ausmachen. „Wegen seiner ‚significanten‘ Eigenschaft, ‚fast alle‘ = 99,73 % aller Werte zu umfassen, hat der Bereich von $- 3 \sigma$ bis $+ 3 \sigma$ oder der mit 3σ -Bereich bezeichnete Abszissenabschnitt große Bedeutung erlangt. Man ist darin übereingekommen, Ereignisse“ (bzw. Meßergebnisse) „mit einer Wahrscheinlichkeit von 0,27 % oder weniger als ‚zufällig‘ zu bezeichnen“ (HOSEMANN, „Die Grundlagen der statistischen Methoden für Mediziner und Biologen“, 1949). Da hier kein Raum ist, diese für die Berechnung einwandfreier

Mittelwerte so wichtigen statistischen Rechnungsarten auch nur annähernd hinreichend darzustellen, wird auf die ausgezeichneten Ausführungen des eben zitierten Werkes hingewiesen. Es wurde nur versucht, den Gang der Berechnungen zum allgemeinen Überblick als Schemata zu erläutern. Nach dem entsprechenden Vorgehen konnten beim Nachprüfen sämtlicher in den Tabellen I und II aufgeführten Werte nur zwei (in den Tabellen mit **) bezeichnet) als Zufallswerte ausgeschlossen werden. Der eine davon (150 Hertz) dient als Beispiel dafür, daß breitere Basen zu genaueren Ergebnissen führen. Die betreffende Zahl fällt erst bei einem n (= Zahl der Fälle) von 50 gerade heraus, während sie unter den gleichgeschriebenen 30 Werten nur einen nahe der 3σ -Grenze liegenden Extremfall darstellt. Allein aus raumtechnischen Gründen wurde der eben erwähnte Wert in der ausgezogenen Häufigkeitskurve (s. unten) des Schaubildes 4 weggelassen, obwohl er hier hätte berücksichtigt werden müssen, da er nur für die zusammenfassende Kurve (Schaubild 8) als Zufallswert errechnet wurde.

Zum näheren Verständnis und zum Beweis, daß die hier zusammengetragenen Messungen zur Anwendung statistischer Methoden berechtigen, wurden auf den anliegenden Schaubildern die Häufigkeitspolygone der jeweiligen Meßreihen gezeichnet. Ein „Häufigkeitspolygon“, auch „Häufigkeitskurve, Streuungsbild“ oder „Abweichungsvieleck“ genannt, ist die graphische Darstellung der Häufigkeitsverteilung einer Meßreihe. Man trägt die Merkmalswerte, hier Meßgrößen (oben m_1, m_2 usw.), mit gleichem Maßstab auf der Abszisse und die zugehörigen Häufigkeiten (oben z_1, z_2 usw.) als Ordinaten auf. Die Schaubilder stellen meist linksseitig oder rechtsseitig asymmetrische Polygone dar. In einem Falle zeigt das Bild sogar eine annähernd ideale Häufigkeitskurve mit fast symmetrischem Verlauf (Schaubild 8, ausgezogene Kurve). Symmetrische Streuungsdiagramme bilden Ausnahmen in der Statistik, während leicht asymmetrische Vielecke die Regel sind, so wie es bei den hier gefertigten Schaubildern der Fall ist. In unseren Schaublättern wurden jeweils die beiden Vielecke gleicher Schreibart

der gesunden und pathologischen Fälle in ein Koordinatensystem gefügt (Schaubilder 3—6). Als weiteres Polygon wurde in den graphischen Darstellungen, die Zusammenfassungen aller Meßwerte darstellen (Schaubilder 7—9, s. Erläuterungen), und in den Schaubildern 1 und 2 die Häufigkeitskurve der Meßwerte von Hypertensionen unter Ausschluß der essentiellen Hypertonien gezeichnet. Es ergibt sich, daß dieses Diagramm stets vom Anfangsteil der Hochdruckkurve wesentlich differenziert, mit dem Schlußteil dagegen fast kongruent ist. So wird die bereits erwähnte Tatsache, daß die Meßwerte der essentiellen Hypertonien auffallend denen Gesunder genähert sind, hier in der optisch leicht einprägsamen Art, die Kurven zu vermitteln vermögen, überzeugend demonstriert. Die unterschiedliche Höhe der Polygone darf nicht zu Irrtümern führen, da sie in erster Linie durch die verschiedene Anzahl der Fälle (ungleiches n) bedingt ist. Zu der Klasseneinteilung, d. h. zur Festlegung der Maßeinheiten, auf der Abszisse muß noch einiges gesagt werden. Bei den in Hundertstel Sekunden festgelegten Maßeinheiten der Impulsdauer wurden vorkommende Zwischenwerte nach der in der Mathematik allgemein gültigen Regel ab $x,5$ aufgerundet. Also wurde z. B. der in den Tabellen öfters vorkommende Meßwert 0,035 sek zur Verwertung bei den Schaubildern auf 0,04 sek erhöht. Die Kurven der Impulsdauer sind demnach absolut etwas nach rechts verschoben, relativ — und darauf kommt es hier nur an — aber völlig einwandfrei. Die Einheiten der übrigen Meßwerte wurden in Zehnerklassen zusammengefaßt. Sie stellen eine, gegenüber der primären Klasseneinteilung, der die Klassen der Impulsdauer etwa entsprechen, sogenannte reduzierte Klasseneinteilung dar, wie dieser Vorgang in der Statistik genannt wird. Die Frequenzwerte sind, entsprechend ihrer schwierigen Beurteilung, meist runde Zahlen (80, 90, 100 usw.). Zwischenwerte sind hier viel seltener als bei den Amplituden, sie verhalten sich ähnlich wie die Werte der Impulsdauer. Deshalb wurde hier eine analoge Klasseneinteilung gewählt, die die runde Zahl in den Mittelpunkt stellt, also: 45 bis 54 (50), 55 bis 64 (60) usw. entsprechend der Aufrundung von $x,5$ auf

$x + 1,0$. In den Schaubildern wurde jeweils nur die Klassenmitte (50, 60 usw.) aus Gründen der Vereinfachung angegeben. Bei den Amplitudenwerten, die fast immer Zwischenwerte sind, versteht sich die exakte Einteilung wie folgt: 0 bis 10,0; 10,1 bis 20,0 usw., sie wurde in den Schaublättern, wie ersichtlich, vereinfacht.

Die Häufigkeitspolygone der Amplitudenwerte von Hochdrucken nehmen eine Sonderstellung ein. Sie bilden im Gegensatz zu allen anderen zwei Gipfel (s. Schaubilder 1, 2 und 7). Das bedeutet, daß bei den Amplitudenwerten von Hypertonikern zwei Schwerpunkte der Häufigkeitsverteilung bei den hier durchgeführten Messungen auftreten. Nach Ausschluß der essentiellen Hypertonien ergeben sich bei den betreffenden Diagrammen normale, asymmetrische Kurven. Die fast normalen Werte der essentiellen Hypertensionen bilden daher die zweiten Gipfel, die in der Statistik eine Unregelmäßigkeit darstellen. Unbedeutende „Gipfel“ am „Bergfuß“ weiterer Polygone (Schaubilder 3 und 4) fallen nicht ins Gewicht. Sie treten in ähnlicher Form nicht selten bei Häufigkeitskurven auf, vornehmlich bei kleineren Zahlen (n), und können vernachlässigt werden. In der Statistik gibt es Methoden, die auch zur Berechnung von Mittelwerten bei zwei Gipfeln eines Häufigkeitsdiagrammes Anwendung finden. Es handelt sich um die Bestimmung des „Dichtesten Wertes, Dichtemittels“ oder „Modes“. Der letzte Begriff hat sich aus der englischen Statistik bei uns eingebürgert. Das Dichtemittel ist jener Abszissenabschnitt eines Streuungsbildes, dessen zugehörige Ordinate die größte Dichte der auftretenden Merkmalswerte (bzw. Meßwerte) darstellt. Die Berechnung von Dichtemitteln schien deshalb bei einigen unsrer Meßreihen angezeigt. Gegenüber den entsprechenden Arithmetischen Mitteln ergaben sich stark abweichende Zahlen. Wir haben daher darauf verzichtet, Dichtemittel in die Tabellen aufzunehmen. Die brauchbarsten Werte sind somit die Amplitudenmittel, die ohne essentielle Hypertonien errechnet wurden. Das gilt ganz allgemein für Mittelwerte aus Meßergebnissen von Hochdrucken.

Die Diagramme ergeben eine gute Veranschaulichung der Häufigkeitsverteilung aller vorkommenden Werte. Sie erlauben auch einem ungeübten Auge, den wahrscheinlichen Verteilungsschwerpunkt, d. h. den in Frage kommenden Mittelwert, zu erkennen und zeigen sehr schön die Verschiebung der Mittelwerte der Kriterien von KT gesunder und hochdruckkranker Menschen.

Zusammenfassung

Wir können die Ergebnisse der von uns durchgeführten Untersuchungen — Schreibung der KOROTKOFF-Töne (KT) von 28 Normalen und 50 Hypertonikern, also insgesamt 78 verschiedenen Personen, mit dem Herztonschreiber des Triplex-Elektrokardiographen von Siemens-Reiniger — wie folgt zusammenfassen:

1. Alle drei Hauptkriterien der KT — Amplituden, Frequenzen und Impulsdauer — unterscheiden sich bei Hypertonie recht auffällig von denen eines normalen Blutdruckes.
2. Im einzelnen ergibt sich nach statistisch einwandfreier, wenn auch schmalbasiger Berechnung der Mittelwerte eine Erhöhung des Frequenzmittels und eine bedeutende Vergrößerung der Mittelwerte von Amplituden und Impulsdauer bei hohen Drucken.
3. Größere Amplitudenschwankungen sind charakteristisch für Hypertensionen.
4. Die essentiellen Hypertonien ergeben abweichend von anderen Hochdrucken meist ein beinahe normales Tonbild.

Wie weit die verschiedenen Hochdruckarten im einzelnen an den Veränderungen beteiligt sind, bedürfte noch weiteren Zahlenmaterials. Daß die Zahlen der Impulsdauer am exaktesten und zuverlässigsten sind, soll nochmals nachdrücklich betont werden. Zur Abrundung der Arbeit wurden auch drei Hypotonien (s. Tabelle II Nr. 51—53) geschrieben, die recht unterschiedliche Meßwerte liefern. Sie dürften mit zu dem Beweis beitragen, daß die Größe der Veränderungen der KOROTKOFF-Ton-Kriterien

nicht mit dem steigenden Blutdruck im direkten Verhältnis steht. Diese einfache Proportion könnte mit dem Grade der Gefäßwandveränderungen gegeben sein. Falls weitere Untersuchungen, zu denen diese Arbeit anregen möchte, das bestätigen sollten, würde die Schreibung der KT und ihre Beurteilung nach Amplituden, Frequenzen und Impulsdauer für die Diagnose und Prognose von Hypertonien große Bedeutung gewinnen.

Tabellen und Schaubilder

Zeichenerklärung zu Tabelle I und II

- *) Die Schreibung ist technisch nicht einwandfrei
- **) Wert wurde durch Anwendung der 3 σ -Regel als „zufällig“ errechnet
- V₁ Sehr kleine Verstärkung
- V₂ Kleine Verstärkung
- V₃ Mittlere Verstärkung
- V₄ Große Verstärkung
- () Bei Amplituden und Frequenzen: nicht sicher beurteilbar
- (k) Auffallend konstante Amplitudenhöhen bei Hochdrucken
- D Annähernder Durchschnittswert bei schwach wechselnder Amplitudenhöhe

Erläuterungen zu den Schaubildern

- z Häufigkeit
- — — Häufigkeitspolygone der Meßwerte von Gesunden
 - Häufigkeitspolygone der Meßwerte von Hochdruckkranken
 - · — · Häufigkeitspolygone der Meßwerte von Hochdruckkranken ohne essentielle Hypertoniker
- Schaubild 1: Amplitudenwerte bei Langsamschreibung
(Tab. I Nr. 1—10, Tab. II Nr. 3—9, 11—15 und 17—19)
- Schaubild 2: Amplitudenwerte bei Schnellschreibung
(Tab. I Nr. 19—30, Tab. II Nr. 21—26, 30—40 und 42—50)
- Schaubild 3: Frequenzwerte bei Langsamschreibung
(Tab. I Nr. 1—15, Tab. II Nr. 1—20)
- Schaubild 4: Frequenzwerte bei Schnellschreibung
(Tab. I Nr. 19—31, Tab. II Nr. 21—50)
- Schaubild 5: Meßwerte der Impulsdauer bei Langsamschreibung
(Tab. Nr. wie bei den Frequenzwerten)
- Schaubild 6: Meßwerte der Impulsdauer bei Schnellschreibung
- Schaubild 7: Amplitudenwerte beider Schreibarten
- Schaubild 8: Frequenzwerte beider Schreibarten
- Schaubild 9: Meßwerte der Impulsdauer beider Schreibarten
- Schaubild 10: Korrelation von Amplituden und Impulsdauer bei Gesunden (Tab. I Nr. 1—10 und 19—30)
- Schaubild 11: Korrelation von Amplituden und Impulsdauer bei Hochdruckkranken
(Tab. II Nr. 21—26, 30—32, 34—40 und 42—50)
Die schwach markierten Punkte kennzeichnen die Werte der essentiellen Hypertonien.

Schaubild 12: Schematische, vergrößerte Kurve des Korotkoff-Tones eines Gesunden bei Schnellschreibung

Schaubild 13: Schnellgeschriebene Korotkoff-Töne eines Gesunden (oben) und eines Hochdruckkranken (unten), jeweils mit Ekg (Tab. I Nr. 27, Tab. II Nr. 44). Die Pfeile markieren die Spitzen der größten Amplituden, E bezeichnet die Eichzacke.

Bei den Schaubildern 1, 2 und 7—9 sind jeweils in einem weiteren Polygon (— · — ·) die Meßwerte von Hochdruckkranken ausschließlich der essentiellen Hypertoniker (also ausschließlich Tab. II Nr. 1—5 und 21—28) dargestellt.

Tabelle I: Kreislaufgesunde

Name	Alter	Blutdruck in mm Hg	Man- schetten- druck in mm Hg	Ampli- tude in mm	Frequenz in Hertz	Im- puls- dauer in sek	Bemerkungen	Tag der Unter- such- ung
Hilde P.	26 J.	125/75	100	17	100	2	V ₃ Nr. 4-48: „Langsam-schreib.“	2. 3. 50
Wolfg. S.	25 J.	125/80	105	10,5	80	1,6	„ „)	„
Tina D.	54 J.	125/90	120	7	100	2	0,025	3. 3.
		110	110	10	100	2	0,025	
		95	95	25	100	2	0,025	
Paul D.	52 J.	130/90	110	16	90	1,8	0,04	„
5 Willi B.	23 J.	115/80	100	4	65	1,3	0,02	20. 6.
Alfred T.	47 J.	130/75	105	7,5	90	1,8	0,03	8. 3.
Wilh. B.	53 J.	140/90	115	D13	75	1,5	0,03	14. 3.
Kurt W.	36 J.	125/75	100	9,5	65	1,3	0,025	20. 3.
Maria V.	35 J.	145/80	115	13	80	1,6	0,03	„
10 Johann L.	27 J.	125/75	100	D14	70	1,4	0,03	21. 3.
Gerh. M.	24 J.	125/75	100	(90)	(1,8)	0,04	„	1. 3.
Brank. P.	26 J.	120/80	100	50	1	0,06**)	„	„
Klara M.	24 J.	115/75	95	75	1,5	0,03	Nebenbefund: Ventrikuläre Extrasystolen	6. 3.
Fritz W.	45 J.	115/85	100	75	1,5	0,04	„	7. 3.
45 Wilh. N.	27 J.	125/80	105	100	2	0,025	„	13. 3.
Helm. D.	23 J.	130/80	105	D 9	60	1,2	0,025	2. 3.
Jean K.	24 J.	125/70	100	5	90	1,8	0,02	15. 3.
Ludwig A.	45 J.	120/75	100	9	90	1,8	0,04	6. 4.
Helm. D.	w. oben			D 9	70	1,4	0,027	14. 4.
20 Jean K.	„			6	100	2	0,02	15. 3.
Ludw. A.	„			10	80	1,6	0,04	6. 4.
Hans L.	25 J.	120/80	100	12	60	1,2	0,035	21. 6.
Paul Sch.	35 J.	130/90	110	8	70	1,4	0,03	15. 3.

Tabelle I (Fortsetzung)

Name	Alter	Blutdruck in mm Hg	Man- schetten- druck in mm Hg	Ampli- tude in mm	Frequenz in Hertz	in 0,02 sek	Im- puls- dauer in sek	Bemerkungen	Tag der Unter- such- ung
Josef K.	49 J.	120/65	95	6	100	2	0,03	V ₂	4. 4. 50
				15	90	1,8	0,03	V ₃	
				45	90	1,8	0,03	V ₄	
25 Ott-R. M.	22 J.	120/80	100						22. 6.
Inge E.	45 J.	120/80	100	9	65	1,3	0,038	V ₃	5. 4.
Rich. E.	24 J.	115/75	95	9	70	1,4	0,025	"	20. 6.
Norb. N.	28 J.	125/80	105	6	70	1,4	0,026	"	6. 4.
Georg B.	25 J.	125/85	105	13	70	1,4	0,03	" ^{*)}	"
30 Christ. S.	28 J.	120/80	100	13	60	1,2	0,03	"	"
				12	80	1,6	0,04	"	"
Günt. W.	25 J.	130/80	105		80	1,8	0,04	V ₄	5. 4.
Mittelwerte von Tabelle I:									
Arithmetisches Mittel von Nr. 4—15 („Langsamschreibung“)				11,45	80,23		0,033		
Verbessertes arithmetisches Mittel (durch 3σ-Regel)				≈ 11,5 mm	≈ 80 Hertz		0,0311 sek	Nr. 2, Impulsdauer (0,06), wurde als Zufallswert durch die 3σ-Regel ausgeschlossen.	
Arithmetisches Mittel von Nr. 49—31 („Schnellschreibung“)				9,42	74,23		0,0316		
Gewogenes Mittel von Nr. 4—15 und Nr. 49—31				≈ 9,4 mm	≈ 74 Hertz		≈ 0,032 sek		
				10,34	77,49		0,03134		
				≈ 10,3 mm	≈ 77,5 Hertz		≈ 0,031 sek	Bei dem Wert der Impulsdauer handelt es sich um das verbesserte gewogene Mittel.	

Tabelle II: Hochdruckkranke

Name	Alter	Blutdruck in mm Hg	Man-schietten-druck in mm Hg	Diagnose	Amplitude in mm	Frequenz in Hertz	Impulsdauer in sek	Bemerkungen	Tag der Untersuchung
Kath. L.	52 J.	160/90	125	Essentielle Hypertonie, Myocardschaden		110	2,2	Nr. 1-20 „Langamschreibung“	20. 3. 50
Willi S.	65 J.	170/90	130	„ Diabetes mellitus		100	2		4. 3.
Mina B.	55 J.	180/95	170	„ „	D 9	100	2	V ₃	13. 3.
			140		D 15	100	2	„	
			110		D 17	100	2	„	
Johanna E.	52 J.	210/100	155	„ „	D 10	100	2	„ Schreibung ohne Atmung	22. 3.
5 Mina W.	47 J.	210/100	155	„ „	D 12	100	2	„	13. 3.
Franz D.	58 J.	175/100	170	Uebergangshochdruck, Diabetes mellitus	D 17	100	2	„	3. 3.
			140		D 31	100	2	„	
			110		D 33	100	2	„	
Alfred P.	49 J.	195/125	150	„ „	21-27	70	1,4	„ Schreibung ohne Atmung	24. 3.
Fritz F.	51 J.	200/120	160	„ „	40-60	110	2,2	„ *) Beiderseitig sympathetomiert	„
Wilh. F.	33 J.	220/180	190	Maligne Sklerose, Dekompensiert. Hochdruck	15-30	125	2,5	„	1. 3.
10 Georg G.	66 J.	150/95	125	„ „		110	2,2	„	7. 3.
Herm. R.	57 J.	240/140	180	„ „	55-83	100	2	V ₃	27. 3.
Heinr. S.	57 J.	160/100	130	Hypertonie, Asthma bronchiale	11-16	100	2	„ Schreibung ohne Atmung	23. 3.
Josef W.	47 J.	150/90	120	Akute Nephritis	43-57	110	2,2	„	20. 3.
Otto D.	47 J.	140/80	110	„	35-52	100	2	„	23. 3.
15 Walter N.	28 J.	145/90	120	Chronische Nephritis	31-38	100	2	„	13. 3.
Willi B.	47 J.	130/80	105	„ „		90	1,8	„	„
Sofie S.	41 J.	150/100	125	„ „	7-13	100	2	V ₃ Schreibung ohne Atmung	21. 3.
Christ. G.	74 J.	180/90	135	„ „	35-49	(120)	(2,4)	„ *)	16. 3.
Adolf W.	44 J.	225/140	175	Nephrolithiasis, Pyelonephritis	51-65	110	2,2	„	23. 3.
20 Heinr. H.	65 J.	160/95	130	Renaler dekompensierter Hochdruck, Coronarsuffizienz		125	2,5	„	7. 3.
Christ. A.	63 J.	190/110	150	Klassische essentielle Hypertonie	9 (k)	75	1,5	V ₃ Ab Nr. 24 „Schnellschreibung“	24. 4.
Karl H.	52 J.	190/95	145	„ Vitium cordis	14 (k)	75	1,5	„	„
Franz H.	77 J.	170/100	135	„ „	10	60	1,2	„	28. 3.

Tabelle II (Fortsetzung)

Name	Alter	Blutdruck in mm Hg	Man- schetten- druck in mm Hg	Diagnose	Ampli- tude in mm	Frequenz in Hertz	Im- puls- dauer in sek	Bemerkungen	Tag der Unter- such- ung
Rudolf H.	66 J.	170/110	140	Essentielle Hypertonie	12—19	85	1,7	V ₃	20. 4. 50
25 Friedr. E.	55 J.	150/80	115	"	D 18	90	1,8	"	24. 4.
Karl L.	50 J.	225/150	180	"	7	70	1,4	"	31. 3.
Fanny E.	58 J.	180/100	140	"		87,5	1,75	Ohne Atmung	17. 3.
Ottile L.	58 J.	185/90	140	"		100	2	Ohne Atmung	30. 3.
Wilh. K.	48 J.	240/140	180	Polyarthritis		100	2	"	15. 3.
30 Hehr. J.	47 J.	220/150	180	Dekompensierter Uebergangshochdruck	35—46	95	1,9	V ₃ Beiderseitig sympathetomiert	28. 3.
Herm. L.	75 J.	185/90	140	Hypertonie, Sclerosis aortae	11—18	105	2,1	"	22. 4.
Albert L.	53 J.	250/140	185	Maligne Sklerose	D 23	(150**)	0,08	Ohne Atmung	29. 3.
Marg. F.	44 J.	290/120	200	"	(49—55)	(75)	(1,5)	"	"
Aug. Sch.	58 J.	220/150	180	"	33—42	100	2	"	31. 3.
35 Otto S.	47 J.	190/130	160	"	D 31	100	2	"	13. 4.
Olga S.	59 J.	220/140	180	"	23—29	140	2,8	"	14. 4.
Josef S.	49 J.	180/110	145	"	56—75	100	2	"	"
Camill. B.	51 J.	260/130	190	"	48—72	110	2,2	"	20. 4.
Alfred G.	74 J.	160/110	135	"	51—77	110	2,2	"	"
40 Frieda L.	40 J.	260/170	200	Coronarinfarkt				Hatte RR-Werte bis 250 mm Hg	
Heinr. P.	50 J.	175/110	145	Maligne Sklerose	49—77	100	2	"	21. 4.
Karl J.	44 J.	150/80	115	Akute Nephritis	35—47	110	2,2	V ₁	13. 4.
Elfr. K.	53 J.	215/130	170	Subakute Nephritis	D 22	95	1,9	V ₃	"
Franz Sch.	44 J.	220/130	175	Chronische Nephritis	44—50	90	1,8	Ohne Atmung	16. 3.
45 Jakob B.	44 J.	140/80	110	"	45	100	2	"	29. 3.
Hugo Sch.	78 J.	225/105	165	"	D 48	120	2,4	"	17. 4.
Maria A.	49 J.	220/140	180	"	26—39	100	2	"	22. 4.
Karl N.	52 J.	210/110	160	Maligne Nephrosklerose	36—49	100	2	0,035	30. 3.
				"				"	13. 4.
Maria R.	53 J.	220/110	165	Dekompensierter Hochdruck	32—60	100	2	"	29. 3.
				Mitralistierter Hochdruck				"	

Tabelle II (Fortsetzung)

Name	Alter	Blutdruck in mm Hg	Man- schetten- druck in mm Hg	Diagnose	Ampli- tude in mm	Frequenz in Hertz	Frequenz in 0,02 sek	Im- puls- dauer in sek	Bemerkungen	Tag der Unter- such- ung
50 Herm. M.	50 J.	155/55	105	Dekompensierter Hochdruck, Endocarditis lenta	40—63	120	2,4	0,07	V ₃ *)	17. 4. 50
Wilh. S.	47 J.	100/60	80	Hypotonie, Hepatitis		(65)	(1,3)	0,06	V ₂ *)	21. 4.
Otto M.	36 J.	105/55	80	„ Myxödem	12	55	1,1	0,036	V ₃	22. 4.
Helmuth S.	27 J.	105/75	90	„ Morbus Addison, Myocardschaden	45—56	60	1,2	0,055	„	„
Mittelwerte von Tabelle II:										
Arithmetisches Mittel von Nr. 1—20 („Langsamschreibung“)					32,3 ≈ 32 mm	104,0 Hertz		0,05075 ≈ 0,05 sek		
Arithmetisches Mittel von Nr. 1—20 ohne essent. Hypertonien					≈ 37 mm	105,0 Hertz		0,055 sek		
Arithmetisches Mittel von Nr. 21—50 („Schnellschreibung“)					35,62 ≈ 35,6 mm	98,26 ≈ 98 Hertz		0,047 sek		
Arithmetisches Mittel von Nr. 21—50 ohne essent. Hypertonien					≈ 42,6 mm	≈ 103 Hertz		0,051 sek		
Gewogenes Mittel von Nr. 1—50					34,52 ≈ 34,5 mm	100,76 ≈ 101 Hertz		0,0486 ≈ 0,049 sek		
Verbessertes gewogenes Mittel von Nr. 1—50 (durch 3 σ -Regel)						≈ 100 Hertz				
Gewogenes Mittel von Nr. 1—50 ohne essentielle Hypertonien					≈ 40,6 mm	≈ 103 Hertz		0,0525 sek		
Arithmetisches Mittel der essentiellen Hypertonien (Nr. 1—5 und 21—28)					≈ 12,3 mm	≈ 90 Hertz		≈ 0,035 sek		

Nr. 32, Frequenz (150), wurde als
Zufallswert durch die 3 σ -Regel
ausgeschlossen.

Bei dem Frequenzwert handelt es sich
um das verbesserte gewogene Mittel.

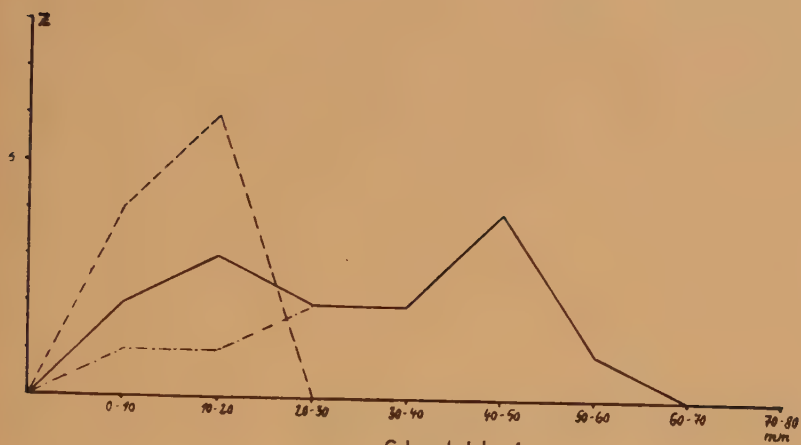


Schaubild 1

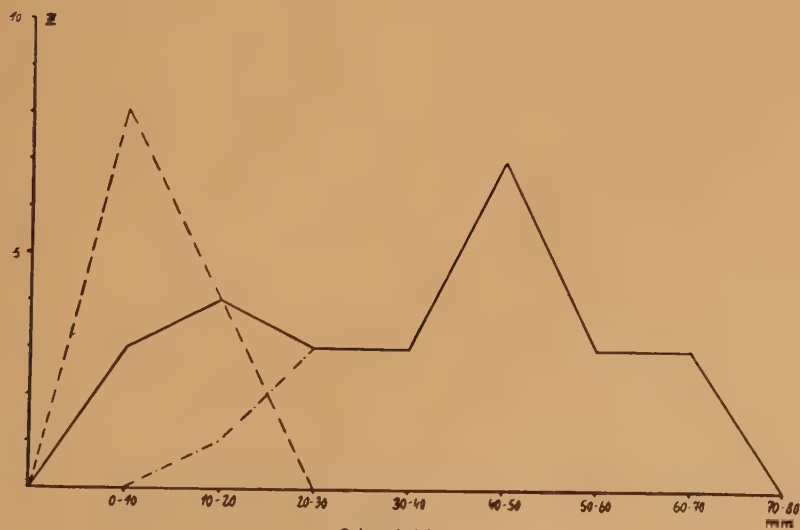
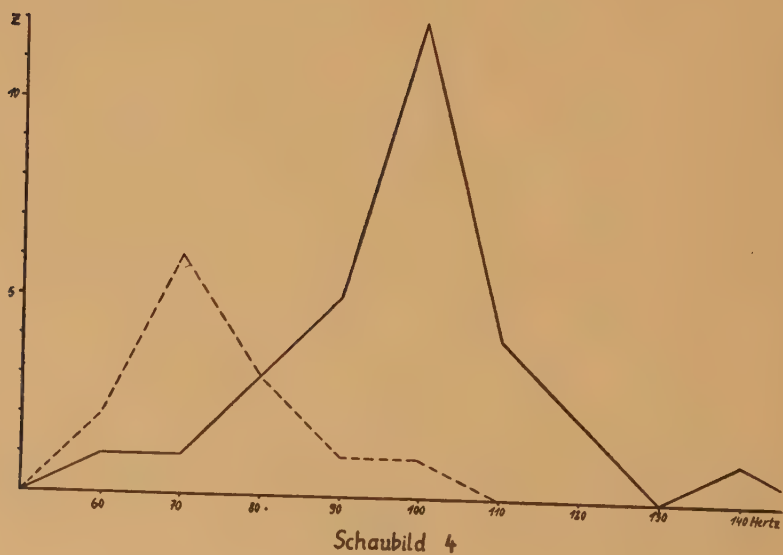
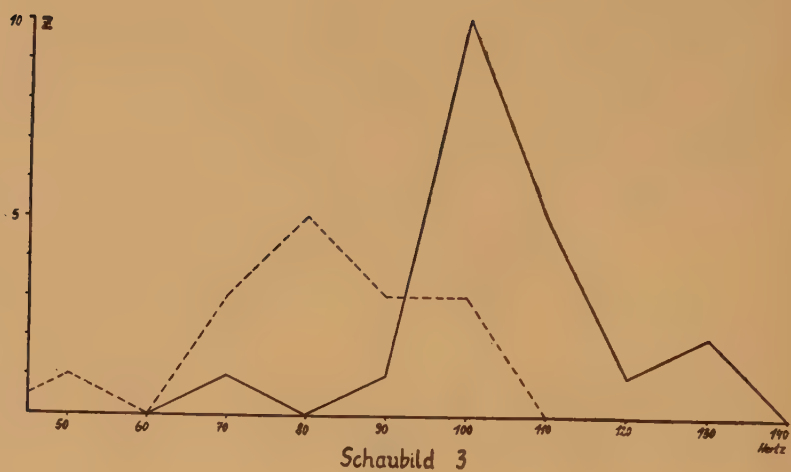


Schaubild 2



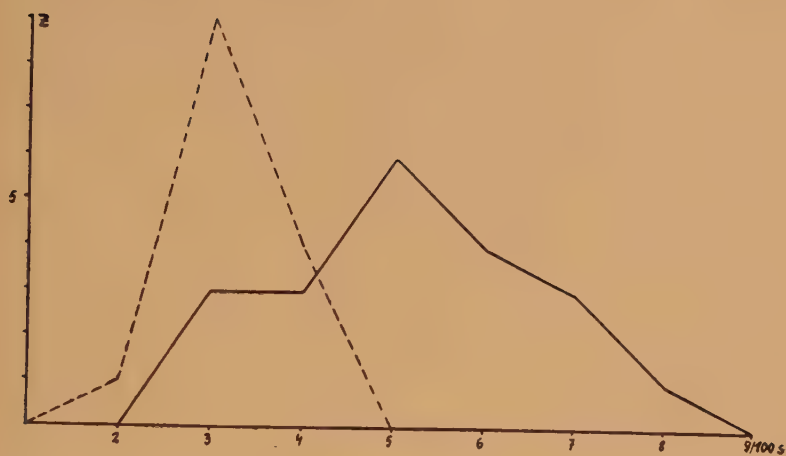


Schaubild 5

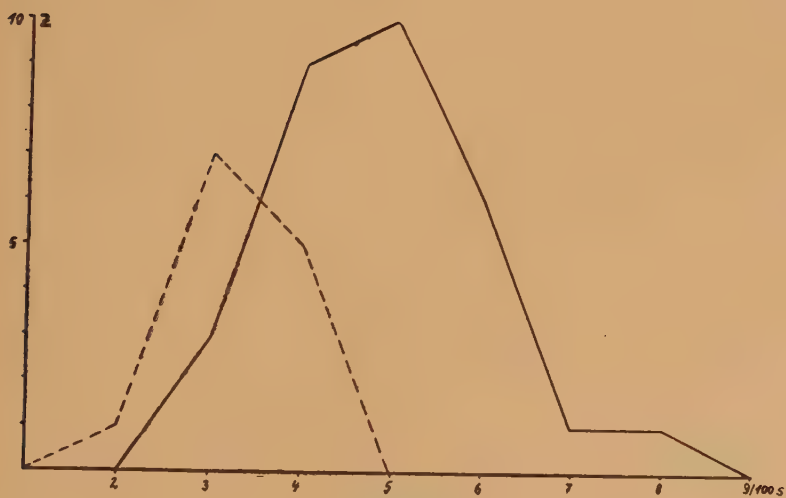


Schaubild 6

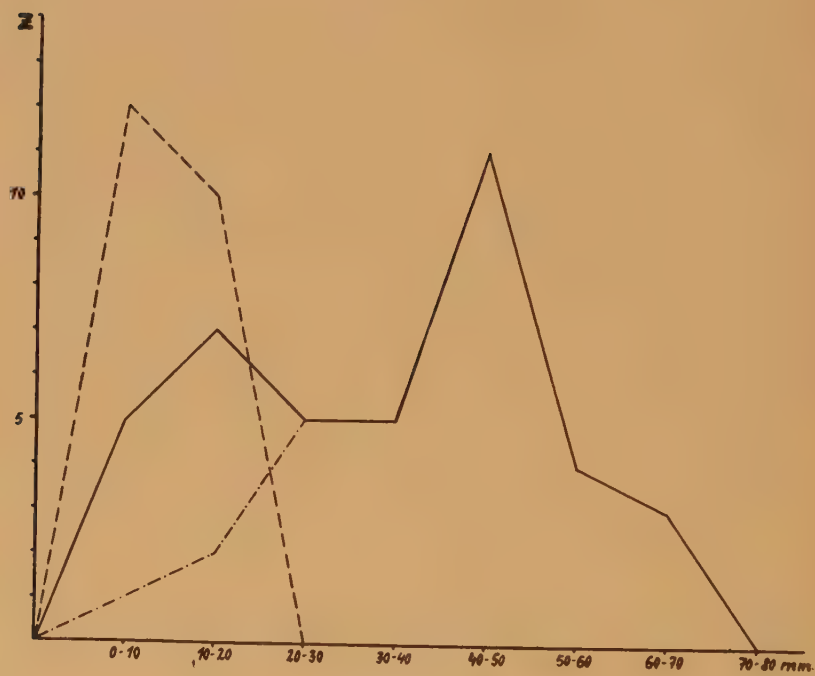


Schaubild 7

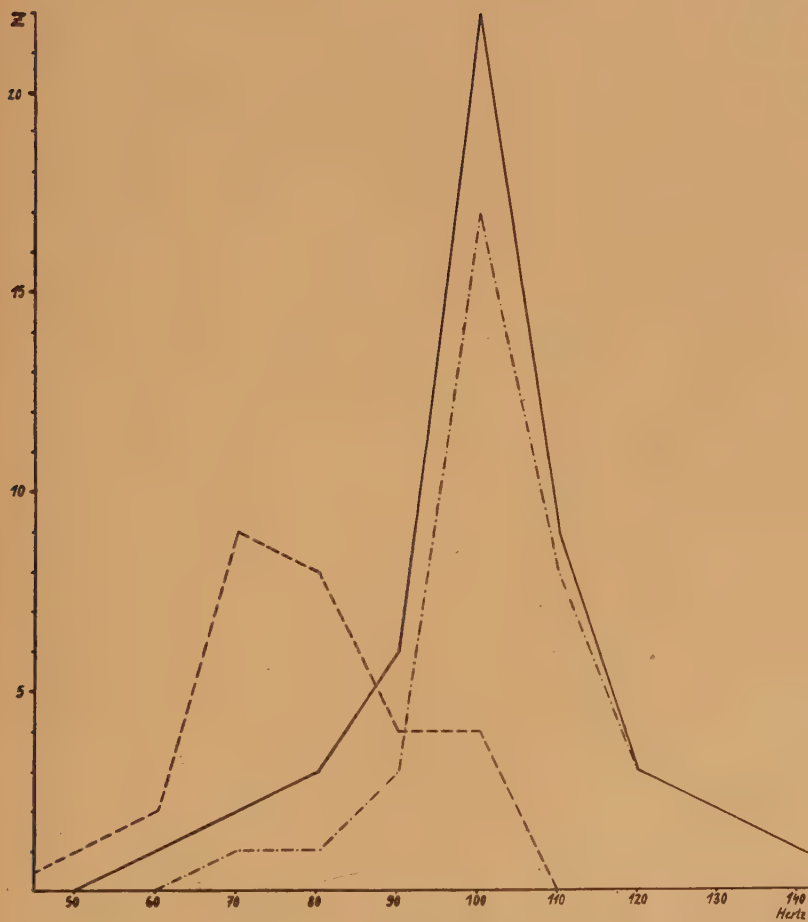


Schaubild 8

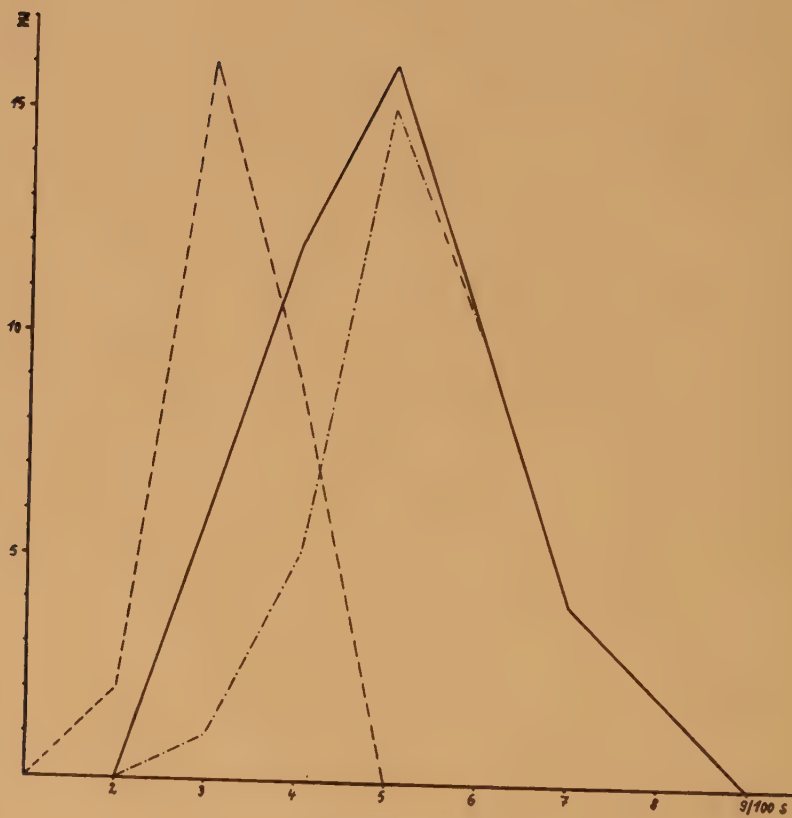


Schaubild 9

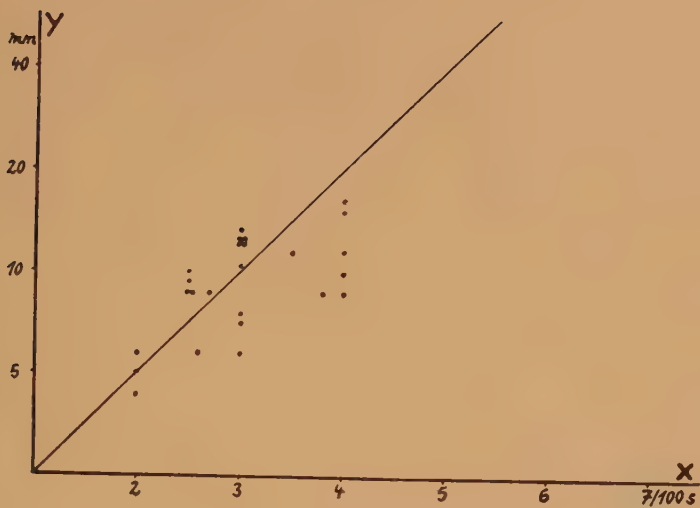


Schaubild 10

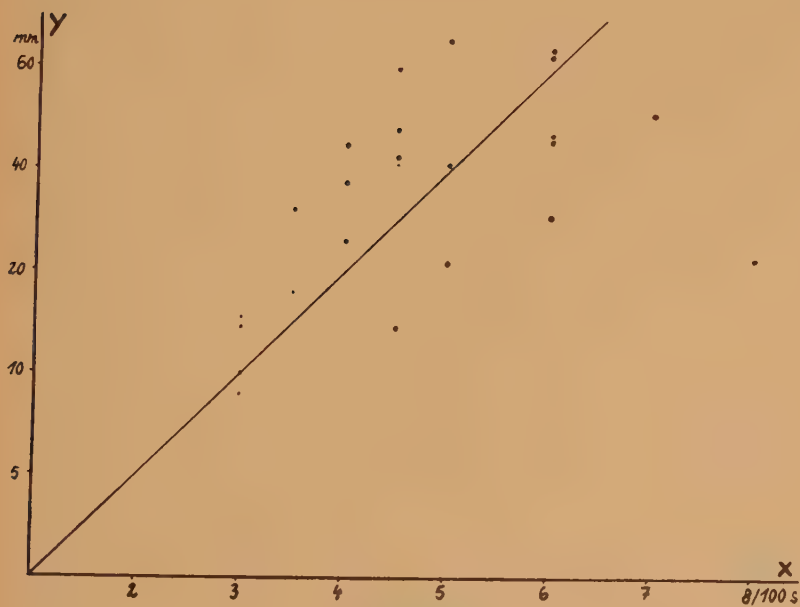
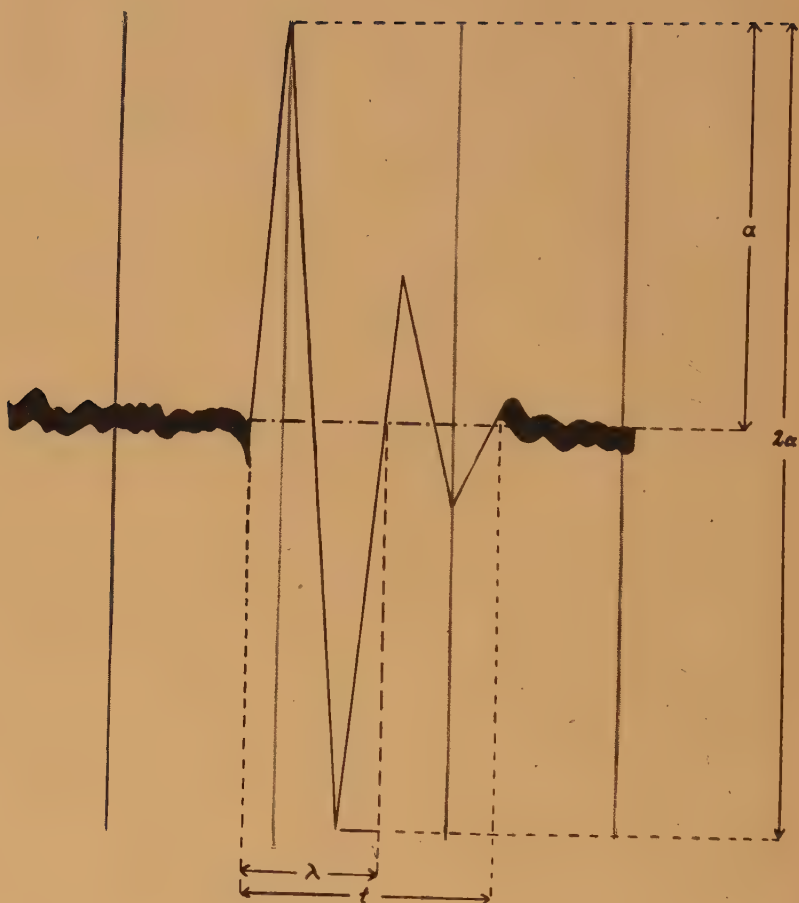


Schaubild 11



- - - Gedachte Null-Linie
 — Zeitmarkierungslinien ($\frac{1}{50}$ s)
 α Amplitude

2α Doppelte Amplitude
 t Impulsdauer
 λ Wellenlänge

Schaubild 12

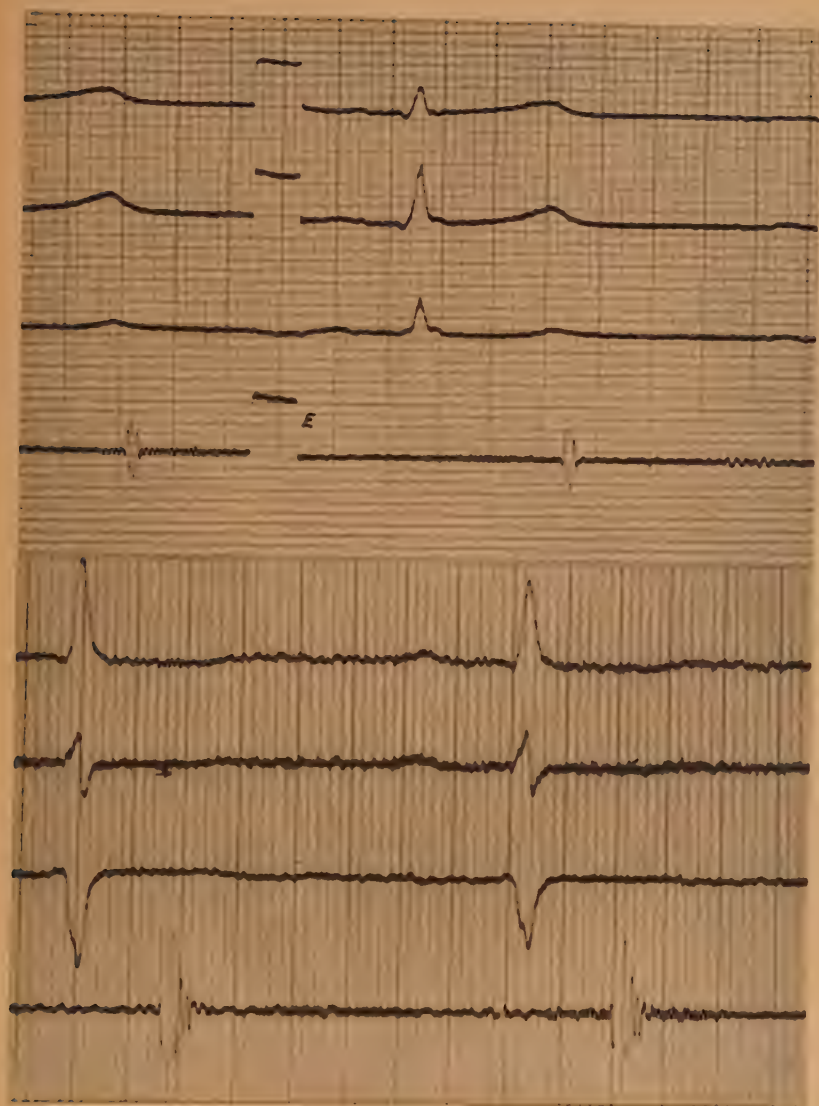


Schaubild 13

Literaturangabe

AALSMEER, W. C.: Wien. Arch. inn. Med. 23, 61; 1933.

CZUBER, E.-BURKHARDT, F.: Die statistischen Forschungsmethoden,
Wien 1938.

ERLANGER, J. and HOOKER, R.: Amer. J. Physiol. II, 40, 82; 1916.

FABRE, Ph.: Presse med. 34, 1090; 1926.

FABRE, Ph.: Biologie med. 21, 26; 1931.

FISCHER, J.: Z. f. physikal. u. diät. Therapie. 12, 389; 1908.

FRANK, O.: Sitzungsber. d. Ges. f. Morph. u. Physiol. 1926, 52.

FRANK, O.-WEZLER, K: Z. Biol. 91, 439; 1931.

GROEDEL, F. M.: Verh. dtsh. Ges. f. Kreislaufforschung. 5, 78; 1932.

HEINRICH, K.: Die Arterientöne. Wiss. Mitt. a. d. Balneol. Univ.-Inst.
Bad Nauheim. 10; 1950,

HOSEMANN, H.: Die Grundlagen der statistischen Methoden für Medi-
ziner und Biologen. Stuttgart 1949.

MAC WILLIAM, J. A. and MELVIN, G.: Brit. med. J. 1927, 125.

V. RECKLINGHAUSEN, H.: Blutdruckmessung und Kreislauf in den
Arterien des Menschen. 65 ff.; Leipzig 1940.

WEBER, A.: Verh. dtsh. Ges. inn. Med. 36, 261; 1924.

Es ist mir eine angenehme Pflicht, Herrn Prof. Dr. Hauß für die Überlassung des Themas sowie die freundliche Unterstützung und Anregung während der Arbeit meinen besten Dank zu sagen. Krankenschwester Frau Eleonore Berting danke ich sehr für die bei den vielen Untersuchungen am Elektrokardiographen geleistete wertvolle Hilfe.

Lebenslauf

Am 22. März 1927 wurde ich als Sohn des Postamtmanns Paul Decher und dessen Ehefrau Katharina geb. Martin in Frankfurt am Main geboren. Nach vierjähriger Grundschulzeit trat ich Ostern 1937 in die Musterschule zu Frankfurt am Main ein. Im Sommer 1943 in die Askanische Schule in Berlin-Tempelhof umgeschult, bestand ich dort nach insgesamt achtjährigem Besuch der höheren Schule die Reifeprüfung. Dazwischen war ich $1\frac{3}{4}$ Jahre Luftwaffenhelfer und von Dezember 1944 bis Juli 1945 bei der ehem. deutschen Wehrmacht und in Kriegsgefangenschaft. Im Herbst 1945 nahm ich an einem Vorsemester der Universität Berlin teil. Ich begann das Studium der Medizin nach sechsmonatiger klinischer Praktikantentätigkeit im Mai 1947 an der Phil.-theol. Hochschule Eichstätt, von Frühjahr 1948 an studierte ich an der Universität in Würzburg. Dort bestand ich im Februar 1948 den ersten und im März 1949 den zweiten Abschnitt der ärztlichen Vorprüfung. Seit Herbst 1949 bin ich an der Universität Frankfurt am Main immatrikuliert, wo ich im nächsten Jahre die ärztliche Staatsprüfung ablegen werde.

51/242